

F4

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-20248

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月23日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 27/28

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 27/28

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平8-170304

(22) 出願日 平成8年(1996) 6月28日

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市山科区東野北井ノ上町5番地の22

(72) 発明者 阿部 真一

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

(72) 発明者 小柴 正則

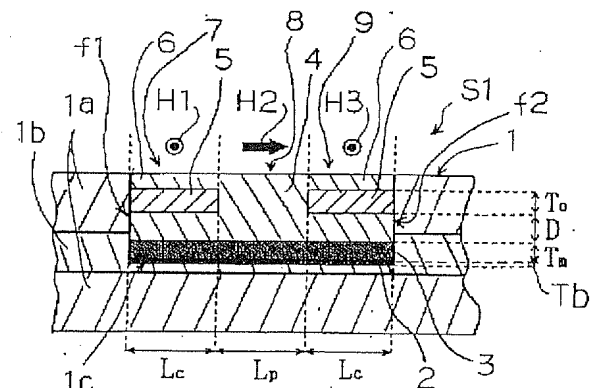
北海道札幌市中央区南8条西23丁目南8条住宅401棟42号

(54) 【発明の名称】 光アイソレータ

(57) 【要約】

【課題】 従来のような偏光子が不要であり、しかも光ファイバどうしの光軸調整等が不要で、かつ生産性が良好であるとともに、光ファイバに形成させる磁気光学膜の厚さに要求される制約がほとんどない画期的な偏光無依存性の光アイソレータを提供すること。

【解決手段】 光ファイバ1に光ファイバ1の光軸に交わる溝を形成するとともに、該溝内に、特定モードの光を透過させる第1方向性結合器部7と、第1方向性結合器部7からの光の偏光方向を所定角度に回転させる偏光回転部8と、偏光回転部8からの光のうち特定モードの光を透過させる第2方向性結合器部9とを、各々光ファイバ1の光軸に沿って並設させた光アイソレータS1。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバに該光ファイバの光軸に交わる溝を形成するとともに、該溝内に、特定モードの光を透過させる第1方向性結合器部と、該第1方向性結合器部からの光の偏光方向を所定角度に回転させる偏光回転部と、該偏光回転部からの光のうち特定モードの光を透過させる第2方向性結合器部とを、各々光ファイバの光軸に沿って並設させたことを特徴とする光アイソレータ。

【請求項2】 前記第1方向性結合器部、第2方向性結合器部、及び／又は偏光回転部は、前記光ファイバに設けた溝内に少なくとも磁気光学層及び誘電体層を順次積層させることによって形成されていることを特徴とする請求項1に記載の光アイソレータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光アイソレータに関し、特に偏光無依存性のインライン型光アイソレータに関する。

## 【0002】

【従来の技術とその課題】従来より、光アイソレータとしてファラデー回転子とこのファラデー回転子を挟むように配置された二つの偏光子とにより構成されたものが一般的に知られている。

【0003】また、図8に示すように、光ファイバ51のクラッド部53の一部を除去し、この除去領域に磁気光学膜54を装荷させることによって、光ファイバ51に磁気光学効果を生じさせ、伝送用ファイバそのものを光アイソレータ1としたものが提案されている（例えば、特開平7-104227号公報等を参照）。

【0004】しかしながら、ファラデー回転子と二つの偏光子とにより構成されたタイプの光アイソレータの場合、偏光子間の角度調整や例えば一方の光ファイバとこれに結合させる他方の光ファイバとの間の光軸調整が必要であったり、光ファイバと偏光子、偏光子とファラデー回転子等を貼り合わせるなどの工程が必要であるので、工程が煩雑で生産性が非常に悪く問題であった。

【0005】また、光ファイバのコア部とクラッド部に形成した磁気光学膜との分布結合を利用するタイプの光アイソレータ場合、光ファイバのコア部と磁気光学膜との屈折率が大きく異なるために、磁気光学膜の厚さに要求される精度が厳しいという制約があった。

【0006】そこで、本発明は従来のような偏光子が不要であり、しかも光ファイバどうしの光軸調整等が不要で、かつ生産性が良好であるとともに、光ファイバに形成させる磁気光学膜の厚さに要求される制約がほとんどない画期的な偏光無依存性の光アイソレータを提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成させるた

めに、本発明の光アイソレータは、光ファイバに該光ファイバの光軸に交わる溝を形成するとともに、該溝内に、特定モードの光を透過させる第1方向性結合器部と、該第1方向性結合器部からの光の偏光方向を所定角度に回転させる偏光回転部と、該偏光回転部からの光のうち特定モードの光を透過させる第2方向性結合器部とを、各々光ファイバの光軸に沿って並設させたことを特徴とする。

【0008】また、第1方向性結合器部、第2方向性結合器部、及び／又は偏光回転部は、光ファイバに設けた溝内に少なくとも磁気光学層及び誘電体層を順次積層させることによって形成されていることを特徴とする。

【0009】ここで、誘電体層が磁気光学層とほぼ等しい屈折率を有する複数の層構造を成すようにするとよい。なお、磁気光学層と誘電体層とは、磁気光学層上に誘電体層を積層させる構造であっても、誘電体層上に磁気光学層を積層させる構造であってもよい。また、磁気光学層に接するバッファ層を設けることにより、特定モードの光の透過率を調整可能することが容易となる。また、光ファイバのコア部に直接結合していない導波路が外側となるように、光ファイバを湾曲させるようにしてもよい。また、光ファイバの光軸の垂直面に対して光ファイバに形成させる溝の側面を傾斜させることにより、反射戻り光を低減させるようにしてもよい。なお、この光アイソレータは光ファイバのコア部に磁気光学層又は誘電体層があれば光アイソレータの機能を発揮する。

【0010】また、本発明の光アイソレータを多数製造する方法として、複数の光ファイバを互いに平行に並べて、各々の光ファイバの光軸に交わる溝を形成する工程と、これら各々の光ファイバに形成させた各溝内に、少なくとも磁気光学層及び誘電体層を順次積層して、特定モードの光を透過させる第1方向性結合器部、偏光方向を所定角度に回転させる偏光回転部、及び特定モードの光を透過させる第2方向性結合器部を光軸に沿って並設させる工程とを含ませることにより、複数の光アイソレータを容易かつ迅速に製造することができる。

## 【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面に基づき詳細に説明する。図1に示すように、光アイソレータS1は、径が100～150μm程度の光ファイバ1（図中、1aはクラッド部であり、1bはコア部である。）の光伝搬方向（又は光軸）に交わる方向に機械研磨やエッチング等により溝加工を施し、この溝部1cに、バッファ層2、磁気光学層3、磁気光学層3よりわずかに小さな屈折率を有する第1誘電体層4、磁気光学層3と略等しい屈折率を有する第2誘電体層5、及び第1誘電体層と同一材質の第3誘電体層6を気相成膜法（スパッタ法、蒸着法等を含む）や液相成膜法（ディップコート、LPE（Liquid-Phase Epitaxial growth）等を含む）などにより順次積層して、特定モードの光を透

過させるための結合長 $L_c$ を有する第1方向性結合器部7、及び第2方向性結合器部9を成している。また、これら第1及び第2の方向性結合器部7、9に挟まれた位置には偏光方向を所定角度( $90^\circ$ )に回転させる長さ $L_p$ を有する偏光回転部8が設けられており、この偏光回転部8はバッファ層2、磁気光学層3、第1誘電体層4が積層されている。なお、バッファ層2、磁気光学層3、及び第1誘電体層4、第2の誘電体層5のそれぞれの厚さは数~十数 $\mu m$ 程度であるが、光ファイバ1のコア部1bには少なくとも磁気光学層又は誘電体層が積層されていればよく、バッファ層は必ずしも必要ではない。

【0012】また、図示されているように、第1及び第2の方向性結合器部7、8には紙面に対して垂直方向に、偏光回転部9には紙面に対して平行に直流磁界を加えるべく、磁石等の磁界発生手段を光ファイバの周りに設けている。なお、 $H_1 \sim H_3$ はそれぞれ磁界の方向を示している。

【0013】ここで、光ファイバ1は、石英等で構成されるのが一般的であり、バッファ層2(光ファイバ1側から磁気光学層3に不純物が拡散しないようにする目的と、光が磁気光学層3と第2誘電体層5とを往復する周期を合わせるための目的を兼ね備えている)は各種周知の誘電体材料等で構成され、磁気光学層3はYIG(Bi添加YIG, Ce添加YIG, YIG微粒子分散媒質)や金属ドーパガラス(金属微粒子分散媒質)等で構成される。

【0014】また、図3に示すように、第1及び第2方向性結合器部7、9において、第1誘電体層4(厚さDの領域)は、磁気光学層3(厚さ $T_m$ の領域)より屈折率が小さく且つ比屈折率差が $\pm 2\%$ 以内の誘電体材料で構成される。第2誘電体層5(厚さ $T_o$ の領域)は、磁気光学層3と同様な材料で一部の構成元素が異なるような材料等で構成され、磁気光学層3と比屈折率差が $\pm 2\%$ 以内とする。第3誘電体層6は第2誘電体層5より小さな屈折率を有する誘電体材料で構成される。そして、第1~第3誘電体層4~6、磁気光学層3はコア部1bより屈折率の大きな材料で構成される。

【0015】第2誘電体層5の膜厚 $T_o$ は、光ファイバ1との結合効率が最大となるように設定される。また、コア部1bに直接結合していない導波路コアである磁気光学層3の膜厚 $T_m$ は直接結合している導波路と実効屈折率が一致するように設定される。また、導波路間隔Dを調整して、偶モード及び奇モードのビートが透過方向では1周期、遮断方向では $m - (n/2)$ 周期( $m, n = 1, 2, 3, \dots$ )となるように結合長 $L_c$ を決定する。またはバッファ層2の膜厚 $T_b$ を調整する必要がある。

【0016】次に、溝部1cの好適な形成方法について説明する。図2に示すように、この溝部1cの側面が光

軸に垂直な面に対して斜めに形成されることで、光ファイバを反射光が導波せず、反射戻り光が低減される。ここで、光軸に垂直な面からの傾斜角 $\theta$ のより好適な角度は $5 \sim 10^\circ$ 前後である。

【0017】また、特に図2のごとくに溝部1cの側面を互いに非平行とすることにより、側面間の多重反射を低減している。この側面間の多重反射は側面単独の反射を強調し、且つ入射光パルスのパルス幅を広げる作用があるので、これを低減することは非常に重要である。

【0018】図1において、溝部1cの端面f1→端面f2の方向(図中右方向)を光の透過方向とすれば、端面f1→端面f2の方向では光が遮断される。以下に、この様子について説明する。端面f1→端面f2の方向で光が透過する場合、TEモードは第1方向性結合器部7を透過した後、偏光回転部8で偏光方向が $90^\circ$ 回転するのでTMモードとなり、このTMモードは第2方向性結合器部9を透過する。一方、TMモードは第1方向性結合器部7を透過した後、偏光回転部8で偏光方向が $90^\circ$ 回転するのでTEモードとなり、このTEモードは第2方向性結合器部9を透過する。

【0019】端面f1→端面f2の方向で光が遮断される場合、TEモードは第2方向性結合器部9を透過した後、偏光回転部8で偏光方向が $90^\circ$ 回転するのでTMモードとなり、このTMモードは第1方向性結合器部7で遮断される。一方、TMモードは第2方向性結合器部9で遮断される。

【0020】次に、光アイソレータの他の形態について説明する。図4に示すように、方向性結合器部を形成させる箇所は光ファイバ1のコア部1bを越えクラッド部1aに達するまで溝加工を施し、また偏光回転部を形成させる箇所はコア部1bまでの溝加工を施し、その後、各溝に対して各種の薄膜形成方法で各層を積層する。すなわち、第1方向性結合器部17、18においては、溝の底部からバッファ層12、磁気光学層13、第1誘電体層14、第2誘電体層15、第3誘電体層16を順次積層し、偏光回転部18においては、バッファ層12、磁気光学層13、第3誘電体層16を順次積層する。さらに、第1及び第2方向性結合器部17、19、及び偏光回転部18の周囲には磁石を配置させて光アイソレータS2を完成させる。

【0021】このようにすることによって、ファイバの加工工程は増えるが、第1及び第2方向性結合器部17、19と偏光回転部18とが離れているので、そうでない場合と比べて成膜工程が簡便となる。なお、第1及び第2方向性結合器部17、19と偏光回転部18とは、偏光の変化が生じないように近接させておく必要がある。

【0022】次に、光アイソレータS2の作動について説明する。第1方向性結合器部17→第2方向性結合器部19の方向が透過方向であると仮定すると、第2方向

性結合器部19→第1方向性結合器部17の光は、TMモードの場合、第2方向性結合器部19で遮断される。また、TEモードの場合は、偏光回転部18でTMモードに変えられ第1方向性結合器部17で遮断することになる。

【0023】次に、他の変形例について説明する。図6は図5に示した光アイソレータS2の溝部における積層方向に光ファイバ1の両端を湾曲させたものであり、図7はコア部まで溝加工を施し、次いで磁気光学層や誘電体層を積層させた光アイソレータS3を、積層方向とは逆方向に光ファイバ1の両端を湾曲させて、光を有効に光ファイバ1の外側に放射させて、光がコア部1bにできるだけ戻らないようにさせたものである。

【0024】すなわち、光アイソレータの遮断方向では、第1及び第2方向性結合器部におけるコア部1bに直接結合していない導波路（光アイソレータS2では磁気光学層、光アイソレータS3では誘電体層）の端面からクラッド部1aへTM偏光が出射するが、その光がコア部に戻らないように、コア部1bに直接結合していない導波路が湾曲の外側になるように、光ファイバ1を湾曲させることにより、クラッド部1aを伝搬する光を光ファイバ1の外へ有効に放射させるようにしているのである。

【0025】次に、光アイソレータの多数を同時的に一斉に作製する方法について説明する。すなわち、まず複数の光ファイバを互いに平行に並べて、各々の光ファイバの光軸に交わる溝を形成させる。

【0026】次いで、これら各光ファイバに形成させた各溝に、特定モードの光を透過させる第1方向性結合器部、偏光方向を所定角度に回転させる偏光回転部、及び特定モードの光を透過させる第2方向性結合器部を光軸に沿って並設させるべく、各種周知の薄膜形成方法等により、磁気光学層及び誘電体層を順次積層することにより形成させる。ここで、各光ファイバに形成させる溝は1つでも複数でもよい。これにより、複数の光アイソレータを一斉に容易にかつ迅速に製造することが可能になる。

【0027】

【発明の効果】以上説明したごとく、本発明の光アイソレータによれば、光ファイバの溝加工及び方向性結合器部や偏光回転部を作製するための成膜工程だけで済み、従来の例えば光アイソレータの構成要素としての偏光子は不要となる上、光軸の位置調整や光ファイバの他の部材との貼り合わせ等も不要となる。

【0028】また、本発明の光アイソレータは、多数の光ファイバの溝加工、方向性結合器部、及び偏光回転部を作製するための成膜工程を、光ファイバを複数並べて行うことにより、同一の光アイソレータの大量生産を容易かつ迅速に行うことができる。

【0029】また、本発明によれば、磁石を除けばファイバ程度の非常に小型の光アイソレータを提供できる。

【0030】さらに、光ファイバに形成させた溝における端面反射は、直接結合している導波路コアの膜厚を調節して結合効率を向上させること、溝の側面を傾斜させることや溝の側面間を非平行とすることで極力低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る一実施形態を説明する光ファイバの長さ方向の断面図。

【図2】光ファイバの溝加工を説明する光ファイバの長さ方向の断面図。

【図3】方向性結合器部の各層の屈折率の分布を示す図。

【図4】本発明に係る他の溝加工を説明する光ファイバの長さ方向の断面図。

【図5】本発明に係る他の実施形態を説明する光ファイバの長さ方向の断面図。

【図6】湾曲ファイバの具体例を示す光ファイバの長さ方向の断面図。

【図7】湾曲ファイバの具体例を示す光ファイバの長さ方向の断面図。

【図8】従来の光アイソレータの一例を説明する斜視図。

【符号の説明】

1 . . . 光ファイバ

1a . . . クラッド部

1b . . . コア部

1c . . . 溝部

2, 12 . . . バッファ層

3, 13 . . . 磁気光学層

4, 14 . . . 第1誘電体層

5, 15 . . . 第2誘電体層

6, 16 . . . 第3誘電体層

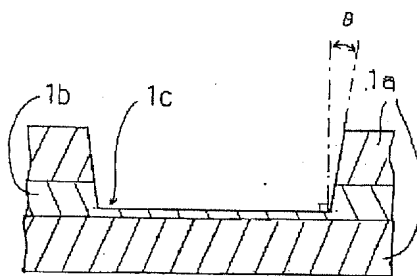
7, 17 . . . 第1方向性結合器部

8, 18 . . . 偏光回転部

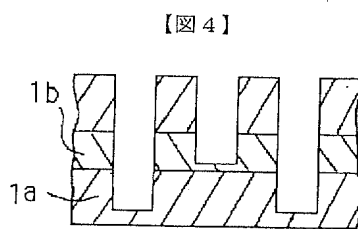
9, 19 . . . 第2方向性結合器部

S1, S2, S3 . . . 光アイソレータ

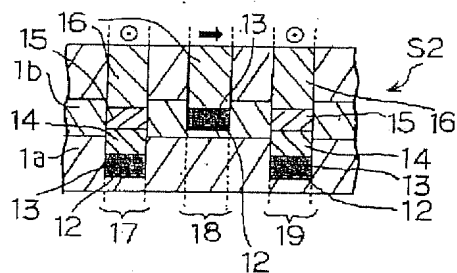
【図 2】



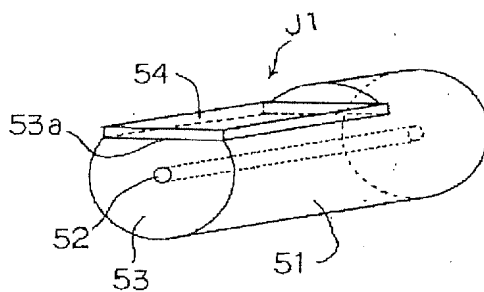
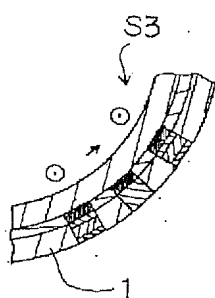
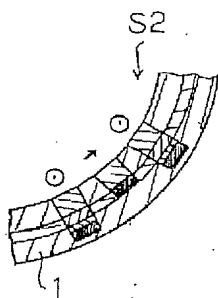
【図 5】



【图 8】



【图 7】



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-020248

(43)Date of publication of application : 23.01.1998

(51)Int.Cl.

G02B 27/28

(21)Application number : 08-170304

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing : 28.06.1996

(72)Inventor : ABE SHINICHI  
KOSHIBA MASANORI

## (54) OPTICAL ISOLATOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To unecessitate a paolarizer and the adjustment of optical axes of optical fibers to each other and to have good productivity by juxtaposing a directional coupler part and polarization rotating part in a groove intersecting the optical axis of the optical fiber along the optical axis of the optical fiber.

**SOLUTION:** Groove formation is performed by mechanical grinding in the direction of light propagation of an optical fiber or in the direction crossing the optical axis and a first directional coupler part 7 and a second directional coupler part 9 having a coupling length  $L_c$  for transmitting through light of a specified mode, and a polarization rotating part 8 having a length  $L_p$  for rotating the polarizing direction by a prescribed angle ( $90^\circ$ ) on the position interposed by the directional coupler parts 7, 9 are provided. In this case, that can be settled by only the groove forming of the optical fiber and the film forming process for the directional coupler parts 7, 9 and the polarization rotating part 8, a conventional polarizer as e.g. the component of the optical isolator is not necessary and the positional adjustment of the optical axis and sticking of the optical fiber to other member are unnecessary.

